مدينة الملك عبدالعزيز
للعلوم والتقنية KACST
معهد بحوث البتروكيماويات

وقود الديزل









د. حامد بن عودة المقرن

١٤٣٢ هـ - ٢٠١١ م

بسم الله الرحمن الرحيم

وقـود الديـزل عبارة عن مزيـج من المركبات الهيدروكربونيـة، تتراوح عدد ذرات الكربـون فيـه بـين ١٠ ذرات (C10) إلى ٢٢ذرة (C22)، ويتـم الحصـول عليـه مـن التقطير التجزيئي للبترول الخام عند درجات حرارة تتـراوح بين ٢١٠-٣٠٨ °م تحت الضغط الجوي أو من إحدى عمليات التكسير، لينتج وقوداً بكثافة ٠٫٨٥٠٠ جرام/مل وطاقة احتراق تصل إلى ٤٠٫٩ميجا جول /لتر.

يتكـون وقـود الديزل من حـوالي ٧٥٪ مركبات هيدروكربونية مشبعـة - عبارة عن برافينـات نظامية وآيزوبرافينات حلقية - وحوالي ٢٥٪ مركبات هيدروكربونية نفثينية وعطريـات مثل ألكيـلات البنزين، إضافة إلى مركبات أخـرى بكميات قليلة. يعد وقود الديزل أكثر كفاءة حرارية من وقود المحركات الأخرى، مثل: الجازولين ووقود الطائرات بأنواعه المختلفة. فضلاً على ذلك: فإن مجال استخدام وقود الديزل يعد واسعاً مقارنة بأنواعـه المختلفة، حيث يعتمد عليه. بجانب استخدامه كوقود للسيارات. في الشاحنات الثقيلـة والبواخـر والآلات الزراعيـة وغيرها، ويوضـح الجدول (١) إنتـاج الجازولين بالمملكة مقارنة بوقود الديزل خلال الفترة من ١٩٩٨-٢٠٠٣م. ورغم الأهمية المتزايدة لوقـود الديزل؛ فإنه يعد وقـوداً قذراً (Dirty Fuel) بسبـب ماينجم عن احتراقه من غازات وأدخنة سوداء ضارة بالبيئة؛ ولذلك فقد تم وضع قوانين صارمة بهدف تقليص نسبـة التلوث المنبعث من جـراء إحتراقه لما لها من أضرار صحيـة واقتصادية وبيئية. تتشابـه خـواص وقود الديـزل وخواص وقود الجازولـين من حيث الطاقـة الحرارية، لكـن لوقود الديزل بعض الخواص المختلفة عن وقود الجازولـين، ويوضح جدول (٢) مواصفات بعض أنواع وقود الديزل في بعض الدول المتقدمة.

السنة	الإنتاج (برميل)	
	ديزل	جازولين
١٩٩٨	١٦٢٫٤٦٢٫١٣٢	٧٣٫٨٦٦٫٣٨٠
١٩٩٩	١٦١٫٦٠٩٫٣٠٨	٧٤٫٢٣٥٫٨٠٥
٢٠٠٠	١٦٧٫٦٢٨٫٤٨٠	٧٥٫٩٤٠٫٤٢٢
٢٠٠١	١٦٣٫٠٨٨٫٤٣٩	٧٣٫٤٠٩٫٩٦٣
٢٠٠٢	١٦٥٫٤٨٣٫١٢١	٧٣٫٥٦٤٫٣٠٠
٢٠٠٣	١٨١٫٩٥٧٫٤١٠	٨٠٫٤٣٣٫٨٠١

جدول (١) إنتاج وقود الديزل والجازولين بالمملكة من عام ١٩٩٨-٢٠٠٣م.

الدولة / المواصفة	الولايات المتحدة	اليابان	ألمانيا
رقم السيتان	٤٤٫٩	٥٤٫٩	٥١٫٦
قرينة السيتان	٤٥٫٢	٥٦٫٥	٥٠٫٢
الكبريت(٪وزناً)	٠٫٠٢٧	٠٫١٥٤	٠٫١٢٤
الكثافة (جم/مل)	٠٫٨٤٦	٠٫٨٣٥	٠٫٨٣٤
نقطة التعكر(مْ)	١٤-	٥-	٩-
نقطة الإنسكاب(مْ)	٢٩-	١٦-	٣٢-

جدول (٢) مواصفات وقود الديزل في بعض الدول المتقدمة.

أنواع وقود الديزل

هناك ثلاثة أنواع من وقود الديزل هي:

- **ديزل السرعات العالية**



سيارة تعمل بالوقود (1-D) الخاص بالسراعات العالية.

يعـد وقود الديزل الخاص بالسرعات العاليـة (أكثر من ألـف دورة في الدقيقة) وقوداً خفيفاً وذا جـودة عالية بالمقارنة مع الأنـواع الأخـرى. وبحسـب المواصفة رقم (ASTM D975) الصـادرة عن الجمعية الأمريكيـة للاختبـار والمـواد فـإن وقـود الديزل للسـرعـات العـالية يقع تحـت الرقـم (1-D)، وهـو يصنـع من الوقود الخـام أو من عمليات التكسير المهـدرج، ويطلق عليه أحيانـاً الديـزل الممتاز، بسبـب إرتفاع رقـم السيتان (أعلـى من ٤٥). وبمـا أنه وقود متطايـر؛ فإنه يستخدم عند درجـات حـرارة منخفضة. تتراوح مابين ١٥٠ إلى٣١٦م° . في المحـركات التـي تتطلب سرعـات عالية وحمولة متغيرة مثل السيـارات، والشـاحنات والبصات. ومـن الاستخدامـات الأساسية لهـذا الوقـود، خلطـه مـع وقـود السرعات المتوسطـة (2-D) خـلال فصـل الشتـاء، وذلك لتحسين مواصفات الانسكاب.



- **ديزل السرعات المتوسطة**

ينتـج هذا النـوع -(2-D)- من الوقـود الذي يستخـدم في المحـركات ذات دوران يـتراوح بـين ٣٠٠ إلى ١٠٠٠ دورة في الدقيقة؛ من عمليـة التكسير. وقد يمزج مع النفثا والكيروسين وزيت التكسير الخفيف، وتقتصر استخداماته على المحركات التي لاتتطلب وقوداً ذا تطاير عالٍ مثل مكائن المصانع وخدمات النقل الثقيل.

- **ديزل ثقيل**

يعتـبر هــذا النوع من الوقــود - (4-D) - أقل جــودة من الأنــواع الأخرى، ويطلق



عليه أيضاً الزيت الثقيل، ويستخدم لمكائن السرعات البطيئة (أقل من ٣٠٠دورة في الدقيقة) والمتوسطة، ولكنه غير صالح للنقل.

تركيب وقود الديزل

يختلف تركيب وقود الديزل عن تركيب الجازولين والكيروسين، ولذا تختلف خواصه من حيث درجة الغليان ومعيار الجودة، جدول (٣). يتركب وقود الديزل بشكل أساسي مما يلي:

الوقود	مشتق التقطير	حدود درجة الغليان (مْ)	الكبريت (٪ وزناً)	دليل الجودة
جازولين	الجازولين	٣٠-٢٢٥	٠,٠٣٥	رقم الأوكتان
وقود ا لطائرات	الكيروسين	١٦٠-٣٠٠	٠,٤	مواصفات
الديزل	زيت الغاز الخفيف	١٦٠-٣٨٠	٠,٠٥	رقم السيتان

جدول (٣) مقارنة أنواع الوقود المختلفة.

١- **برافينات (ألكانات)**:
وهي عبارة عن مركبات هيدروكربونيه مشبعة صيغتها الجزيئية (C_nH_{2n+2}) تكون على شكل سلاسل هيدروكربونية متفرعة، وتسمي آيزوبرافينات. ويتراوح عدد ذرات الكربون فيها مابين عشر ذرات كربون (C_{10}) إلى أثنان وعشرون ذرة (C_{22})، وتختلف صفات وقود الديزل باختلاف طول السلاسل وتفرعاتها. تمتاز البرافيتات ذات السلاسل الطويلة بأرقام سيتان عالية ؛ ولذلك فهي تحترق بشكل جيد، ولكن من عيوبها أن ارتفاع درجة غليان السلاسل الطويلة يؤدي إلى ارتفاع نقاط التعكر وبالتالى تكون لها خواص تدفق رديئة في الأجواء الباردة.

٢- **النفثينات**: وهي عبارة عن مركبات هيدروكربونية حلقية مشبعة، وقد تكون على شكل حلقة وحلقتين وثلاث حلقات مثل ألكيل الهكسانات الحلقية، ومركبات الديكاهيدرو نفثالين، ومركبات بيرهيدرو فينانثرين على التوالى. ويعتمد محتوى وقود الديزل من النفثينات على نوع الزيت الخام ومكونات الخلط، وكذلك على ظروف التصنيع.

٣- **الأوليفينات**: وهي مركبات هيدروكربونية غير مشبعة وحيدة أوثنائية الرابطة



المضاعفة تكون أيضاً على شكل سلاسل هيدروكربونية مستقيمة ومتفرعة. وتوجد هذه المركبات بكميات قليلة في وقود الديزل.

٤- **العطريات**: وهي عبارة عن مركبات هيدروكربونية حلقية غير مشبعة، وقد تكون على شكل حلقة واحدة وحلقتين وعديدة الحلقات، ومن أمثلتها ألكيلات البنزين، ومركبات الإندين، والنفثالين، والتترالين، وثنائي الفينيل، والأسيتافنين، والفينانثرين، والكرايسين، والبيرين.

٥- **مركبات أخرى** : وهي عبارة عن مركبات غير متجانسة ومن أمثلتها:

- **المركبات الكبريتية**: وتعتمد نسبة وجودها في وقود الديزل على عملية التكرير التي ينتج منها، وتوجد أكثر مركبات الكبريت في الديزل على شكل ألكيلات بنزوثيوفين وثنائي بنزوثيوفين.
- **المركبات النيتروجينة**: وتوجد بكميات أقل من المركبات الكبريتية في وقود الديزل، ومن أمثلتها مركبات الإندول، والكربازول، والكينولين، والأكريدين، والفيناثريدين.
- **المركبات الأكسجينة**: وتوجد بكميات أقل من المركبات الكبريتية والنيتروجينة في وقود الديزل، ومن أمثلتها مركبات ألكيل الفينول، وثنائي بنزوفيوران.

مضافات وقود الديزل

مضافات وقود الديزل عبارة عن مواد كيميائية تضاف إليه بنسب قليلة لرفع أدائه وتحسين خواصة، حيث إن هناك مضافات تعمل بالتأثير الفيزيائي، وأخرى تعمل بتفاعلات كيميائية مع مكونات الوقود، كما أن دورها لايقتصر على تحسين مواصفات الوقود، ولكنها ترفع أيضاً من قيمة الوقود، وهذا يعتبر المحرك الأكبر لشركات البترول لاستخدام المضافات، ويوضح جدول (٤) قائمة بأهم أنواع المضافات لوقود الديزل مع تطبيقاتها.

إنتاج وقود ديزل نظيف

يتطلب وقود الديزل الناتج عن عملية التقطير وغيرها العديد من العمليات لتحسين خواصه الاحتراقية وإزالة الملوثات منه، مثل المركبات الكبريتية والنيتروجينة والأكسجينية. ومن أهم اللقائم للحصول على وقود الديزل:

- مشتقات المقطرات الوسطى غير المعالجة الناتجة عن تقطير الزيت الخام.
- مشتقات المقطرات الناتجة عن عمليات التكسير بوجود الهيدروجين والتكسير الحفزي بالطور السائل والتكسير الحراري وتفحيم الزيوت المتبقية من أبراج التقطير تحت الضغط الجوي وتحت الفراغ .
- عمليات التكسير بالهيدروجين والتكسير الحفزي بالطور السائل لزيوت الغاز الناتجة عن التقطير تحت الفراغ. يحتاج وقود الديزل الناتج عن العمليات المذكورة إلى معالجة للحصول على ديزل نظيف، فعلى سبيل المثال تمتاز المقطرات غير المعالجة الناتجة عن تقطير الزيت الخام وكذلك المركبات العطريةبرقم سيتان مرتفع، ولذلك فهي تحتاج فقط الى المعالجة بالهيدروجين لخفض نسبة محتوى الكبرين فيها . أما بالنسبة للديزل الناتج عن عمليات تفحيم زيت الغاز فإنه يكون ذومحتوى عال من المركبات العطرية ورقم سيتان منخفض، وبالتالي يكون هذا النوع من الديزل رديئاً.من جانب أخر يحتوي وقود الديزل الناتج عن عمليات المعالجة بالهيدروجين على محتوى

المجموعة	النوع والاستخدام	الوصف
التخزين والنقل والتعبئة	مضافات لثباتية التخزين لمنع تكوين الاصباغ	مضادات الأكسدة مثل:ـ 2,6-Di-tert-buty1-4-methyl-phenol وأمينات ثانوية (٢٠ج م م)
	مثبطات التآكل	فوسفات الألكيل (١٥ج م م)
	مضافات لمنع تآكل خطوط الانابيب	إستيرات أو أملاح امينات الألكينيل أحماض السكسونيك، ألكيل حمض الفوسفود أو إيريل أحماض السلفونيك (١٥ج م م)
	مانعات الإستحلاب	عامل مانع الرطوبة (٥ ج م م)
	مضافات مانعة للرغوة	مخفض التوتر السطحي من السيلكون (١٠–٢٠ ج م م)
قبل الاحتراق	محسنات التدفق في الأجواء الباردة	خلات فينيل الإثيلين، إستر بولي أوليفين، بولي أميد (١٠٠–٥٠٠ ج م م)
	مبعثرات لتحجيم الجزيئات المتكونة	بولي أميدات، أمينات (٦٠–٨٠ ج م م)
	منظفات لإزالة ترسبات الكربون والأصماغ من حاقن الوقود	أمينات، أميدات، إميدازون (١٠٠–٢٠٠ ج م م)
الاحتراق	محسن رقم السيتان	نترات الألكيل مثل نترات الآيزو أوكتيل (٣٠٠ ج م م)
	محسن الاحتراق	مركبات عضوية لبعض الفلزات مثل (Ca,Mn,Fe)
	محسنات الترسبات	مخفضات رواسب الوقود غير المشتعلة
خفض الانبعاث	مخفضات انبعاثات احتراق الديزل	مركبات فلزية للإشتعال ، بولي إيثر

جدول (٤) مضافات وقود الديزل.

كبريت منخفض جداً، ويمتاز برقم سيتان مرتفع مما يجعله ديزل ممتاز.

يوضح الجدول (٥) أرقام السيتان لبعض المشتقات النفطية، التي يمكن مزجها في خليط وقود الديزل. كما شهدت صناعة التكرير تغيرات عديدة لتواكب قوانين البيئة الصارمة الجديدة التي أدت إلى إضافة عمليات على مصافي النفط؛ لتنتج وقوداً مطابقاً للمواصفات والمقاييس، مثل إنقاص الكبريت والنيتروجين والمركبات العطرية باستخدام عملية الهدرجة. تتطلب عملية الهدرجة استخدام محفزات يكون شكلها وحجمها ومساحتها السطحية مدروس بعناية، وتقوم بخفض تركيز الكبريت والنيتروجين والمركبات العطرية لإنتاج وقود ديزل ممتاز من ناحية الرقم السيتاني، والثباتية، وانخفاض درجة الحرارة وكمية الكبريت.

اللقيم	رقم السيتان
مقطرات خفيفة غير معالجة (نطاق وقود الطائرات)	٣٥-٤٦
مقطرات متوسطة غير معالجة (نطاق الديزل)	٣٥-٦٠
مقطرات ثقيلة غير معالجة (زيت الغاز)	٤٦-٥٦
زيت دوار خفيف من التكسير الحفزي	١٤
نفثا ناتجة من التفحيم الشديد	٣٧
زيت غاز ناتج من التفحيم الخفيف	٤٠-٤٥
المتبقي من وحدة تجزئة التكسير الهيدروجيني	٤٢-٥٨

جدول (٥) أرقام السيتان لبعض مشتقات عمليات التكرير المختلفة.

- **خفض الكبريت**



تتمثل الطرق التقليدية المتبعة في عملية إزالة الكبريت والنيتروجين بالهدرجة (Hydro Desulfurization- HDS) باستخدام كمية كبيرة من المحفزات التقليدية مع تغيير ظروف التفاعل؛ بإطالة عمر البقاء على سطح المحفز وتعزيز تفاعل الهدرجة، أو باستخدام خليط ذي تركيز منخفض من الكبريت. ومع ذلك فقد أصبح من الصعوبة بمكان تطبيق المواصفات الجديدة للوقود تحت ظل القوانين البيئية الصارمة باستخدام الطرق التقليدية، خاصة أن عملية إزالة الكبريت بالهدرجة، وكذلك إزالة النيتروجين ليست بالعملية السهلة.وتعد القوانين البيئية تحدياً جدياً لصناعة مصافي البترول، مما يستدعي السعي لتطوير تقنية مصافي البترول الجديدة؛ وذلك بإضافة وحدات من (HDS)، وتطوير محفزات تقليدية فعالة جداً،

مثـل: محفزات السلفيد، ومحفـزات الكربيد والنيتريد، لتواكـب المواصفات الجديدة. كمـا أن هنـاك أبحاثاً لإيجاد محفـزات جديدة نشطة لنزع الكبريت مـن وقود الديزل مثـل استخدام محفـز (Co-Mo) االمدعوم على الكربون أو علـى مركبين من أكاسيد (Co-Mo) (TiO_2-AL_2O_3). كمـا تم التعرف على محفزات بكتيرية، لديها المقدرة على إنتاج وقود جازولين أو ديزل ذي محتوى كبريتي منخفض، ومازالت الأبحاث جارية لتقليـص المحتـوى الكبريتي في الوقـود إلى أقل من (١٠) جـزء في المليون في المستقبل القريب، جدول (٦). من جهة أخرى لابد من التنبيه إلى أن الحصول على وقود ديزل ذي تركيـز منخفض من الكبريت يؤدي لفقدان خاصيـة التزلق (Lubricity) للوقود، بسبـب أن المعالجة تساعد على التزلق. ولذلك فلا بد مـن إضافة بعض المواد الخاصة بالتزلق للوقود.

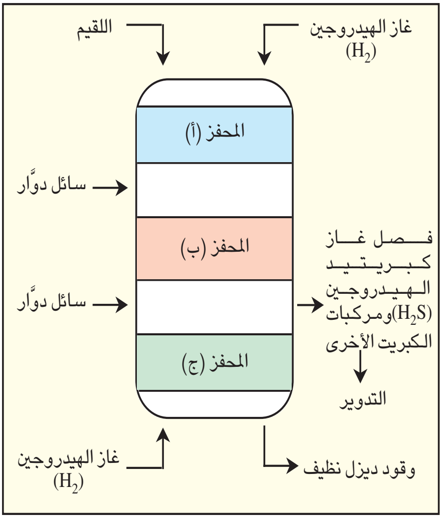
• خفض المركبات العطرية

يمكـن إزالـة المركبـات العطريـة عن طريـق تشبعها بواسطة الهدرجة، ممـا يـؤدي إلى رفع رقمهـا السيتاني بشـكل ملحـوظ، ولكن تحـت ظروف تختلف عـن تفاعل المعالجة بالهدرجة لإزالـة الكبريـت والنيتروجين، وذلك لأن المحفـزات النشطـة المستخدمـة في تفاعـل الهدرجـة لإزالة المركبات العطرية يستخدم فيهـا عناصر نبيلة مثل: عنصر البلاتـين التي تتسمم سريعـاً عند تعرضها للكبريت أو النيتروجـين الموجود في اللقيم، ممـا يؤدي إلى تثبيطهـا وشلل نشاطها، عليه فـلا بد من إجراء عمليـة إزالة الكبريت والنيتروجـين على محفزات السلفيـد الخاصة بعملية المعالجـة بالهيدروجين، ومن ثم إزالـة المركبات العطريـة باستخدام العناصـر النبيلة كمحفزات، ولهـذا الغرض فإنه يستخدم نماذج من المفاعلات الكيميائية متعددة الطبقات بحيث يوضع لكل طبقة محفز خاص، ويوضح شكل (١) نموذج المفاعل ثلاثي الطبقات والمسمى بمفاعل (SynSat/ Synshift)، حيـث يمـر اللقيـم المعالج بالهيدروجـين خلال المحفـز (أ) للتخلص من

دليل الجودة	١٩٩٦-٩٩	٢٠٠٠	٢٠٠٥	٢٠١٠
الكثافة القصوى	٠,٨٦٠	٠,٨٤٥	٠,٨٤	٠,٨٢-٠,٨٤
الكبريت (ج م م)	٥٠٠	٣٥٠	٥٠	≤١٠
رقم السيتان	٤٩	٥١	٥٣	>٥٥
قرينة السيتان	٤٦	٤٦	٤٨-٥٠	>٥٢
حجم التقطير (٩٥٪)	٣٧٠	٣٦٠	٣٤٠-٣٦٠	٣٤٠
العطريات (٪وزناً)	-	١١	٣-١١	≤٢
مجموع العطريات	-	-	-	≤١٥

جدول (٦) الخطة الزمنية لرفع جودة وقود الديزل.

النيتروجين على هيئة غاز النشادر (NH_3)، وذلك نظراً لسمية مركبات النيتروجين على بقية المحفزات الأخرى، ثم ينتقل اللقيم إلى المحفز (ب) والخاص بعملية إزالة الكبريت من مركباته، وذلك بتحويله إلى غاز كبريتيد الهيدروجين (H_2S) وسحبه للخارج عن طريق الفاصل (غاز - سائل) وإعادة تدويره للاستفادة منه في الصناعات الأخرى، ثم يمر اللقيم من خلال المحفز (ج) للتقليل من المركبات العطرية، وإعطاء وقود ديزل نظيف، ويوضح جدول (٧) ماطرأ من تحسن على مزيج لقيم وقود الديزل قبل وبعد مروره خلال مفاعل (SynSat/ Synshift).



نموذج لمفاعل ثلاثي الطبقات (SynSat/Synshift).

الخواص	اللقيم	المنتج
الجاذبية (API)	٢٥,٠	٣٣,١
الكبريت (ج م م)	١٥١٥٠	٢
النيتروجين (ج م م)	٦٣١	<١
العطريات (٪ وزناً)	٦٤,٧	٣٤,٣
قرينة السيتان (D-976)	٣٤,٢	٤٣,٧
مردود السائل باللقيم (٪حجم)	–	١٠٣,٥

◄ جدول (٧) مقارنة اللقيم قبل وبعد مروره على المفاعل (Synsat/Synshift).

أبخرة وقود الديزل

تطلق الآلات التي تستعمل وقود الديزل أدخنة من عوادمها بسبب ارتفاع حدود درجة الغليان، مشكلة أضراراً صحية وبيئية واقتصادية. تنبعث هذه الأدخنة -الهيدروكربونات وغاز أول أكسيد الكربون (CO)- نتيجة الاحتراق غير المكتمل للوقود، كما تنبعث أبخرة أكاسيد النيتروجين مثل (NO_x، N_2O، NO، NO_2)، عند درجات الحرارة العالية حوالي ١٣٧٠م°. ولتقليل هذه الانبعاثات، هناك أربع طرق:

١- تطوير كفاءة المحركات لحرق الوقود كاملاً.

٢- استخدام المرشحات لتصفية الجزيئات الصغيرة المنبعثة من العوادم.

٣- تقليل تركيز الكبريت والنيتروجين والمركبات العطرية.

٤- استخدام وقود ديزل معالج أو وقود ديزل مصنع مثل الديزل المؤكسد أو الديزل الحيوي.

وقود الديـزل البديـل

يعتبر أمر تطوير وقود ديزل بديل - غير ضار بالبيئة - أمراً ملحاً، وفي غاية الأهمية، كما أنه يساعد على تلبية الاحتياج المتزايد من الوقود في المستقبل وذلك من خلال تنويع مصادره، ومنها :

• القطارة المتوسطة لغاز التصنيع

هــي عملية تحويـل غاز التصنيع إلى وقــود سائل باستخدام طريقــة فيشر- تربش والتـي تقوم علــى تحضير غــاز التصنيع من الغــاز الطبيعي ثم إمــراره على محفزات الحديــد (Fe) أو الكوبلــت (Co) لإنتاج خليــط من برافينات عاليــة وهيدروكربونات سائلة نظيفة.

• ثنائي ميثل الإيثر

تعتــبر هذه المــادة وقوداً بديلاً لمحركات الديزل، وهي مــادة لا لون لها وغير سامة، ولهـا رقم سيتاني أعلى من ٥٥، ودرجة اشتعــال ٢٣٥م°، ويمكن تصنيعها من الميثانول بواسطة التفاعل الحفزي للنزع بالهدرجة.

• الديزل الحيوي

الديــزل الحيــوي عبارة عــن إسترات ناتجة مــن تفاعل الزيوت النباتيــة والشحوم الحيوانيــة مع الأغــوال (الكحــولات)، وذلك باستخــدام محفزات حامضيــة. ويتميز الديــزل الحيوي بأنه خالٍ من الكبريت والمركبات العطرية، ويحتوي على ١١٪ أكسجين ويمكــن استخدامه كجزء من خليط وقود الديزل الاعتيادي، مثل وقود الديزل (B20) والذي يتكون من ٢٠٪ ديزل حيوي و ٨٠٪ وقود الديزل، ويستخدم للشاحنات الثقيلة.

المصدر: مجلة العلوم والتقنية - العدد ٧٨.

مدينة الملك عبدالعزيز
للعلوم والتقنية KACST

مع تحيات اللجنة الإعلامية
معهد بحوث البتروكيماويات
مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية
ص.ب ٦٠٨٦ الرياض ١١٤٤٢
هاتف / ٤٨٨٣٧٧٩ - فاكس / ٤٨١٣٦٧٠

مدينة الملك عبدالعزيز
للعلوم والتقنية KACST

مطابع مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية

رقم الوثيقة : 14P0018-BKT-0001-AR02